

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10.06.2004

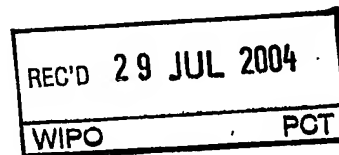
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   7 月 1 1 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 9 5 4 9 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 1 9 5 4 9 8 ]

出   願   人            トヨタ自動車株式会社  
Applicant(s):

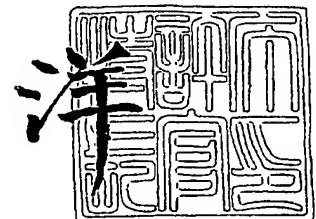


**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   7 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 028698TA

【提出日】 平成15年 7月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 29/78

【発明の名称】 半導体装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 西脇 克彦

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105751

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡戸 昭佳

【連絡先】 052-218-7161

【選任した代理人】

【識別番号】 100097009

【弁理士】

【氏名又は名称】 富澤 孝

【選任した代理人】

【識別番号】 100098431

【弁理士】

【氏名又は名称】 山中 郁生

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 044808

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0308839

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板内にその主面に面して設けられた能動素子と、  
半導体基板外に設けられるとともに前記能動素子に導通するコンタクト電極と  
を有し、

前記能動素子と前記コンタクト電極との導通箇所の縁辺のコーナー部分が曲線  
もしくは鈍角で構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載する半導体装置において、  
半導体基板内に複数の能動素子が離散的に配置されるときに、各能動素子に  
それぞれコンタクト電極が設けられており、

端に位置する能動素子の導通箇所の、他の能動素子と反対側のコーナー部分が  
曲線もしくは鈍角で構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 半導体基板内にその主面に面して設けられた能動素子と、  
半導体基板外に設けられるとともに前記能動素子に導通するコンタクト電極と  
を有し、

前記能動素子と前記コンタクト電極との導通箇所の形状が、中央部分より端部  
分において幅広な形状であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載する半導体装置において、  
半導体基板内に複数の能動素子が離散的に配置されるときに、各能動素子に  
それぞれコンタクト電極が設けられており、

端に位置する能動素子の導通箇所の、他の能動素子と反対側の端部分がその中  
央部分より幅広であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】 半導体基板内にその主面に面して設けられた能動素子と、  
半導体基板外に設けられるとともに前記能動素子に導通するコンタクト電極と  
を有し、

前記能動素子における前記コンタクト電極との導通箇所の不純物濃度が、中央  
部分より端部分において低いことを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載する半導体装置において、

半導体基板内に複数の能動素子が離散的に配置されるとともに、各能動素子にそれぞれコンタクト電極が設けられており、

端に位置する能動素子の導通箇所、他の能動素子と反対側の端部分がその中央部分より低濃度であることを特徴とする半導体装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、大電流のスイッチングに適した高耐圧の半導体装置に関する。さらに詳細には、スイッチオフ時の過熱の防止を図った半導体装置に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

従来の半導体装置として、特許文献1、2に記載された絶縁ゲート型半導体装置がある。これらの絶縁ゲート型半導体装置では、絶縁ゲートにゲート電圧を印加することにより、半導体基板内のチャネル領域に電界効果を生じさせ、エミッタコレクタ間に電流を流すようにしている。このため、エミッタ領域とエミッタ電極との間でキャリアをやりとりするためのコンタクト開口が設けられている。この種の絶縁ゲート型半導体装置の典型例は、図18～図20に示す構造を有している。図18および図20が縦断面図であり、それらにおけるA-Aレベルの平面断面図が図19である。図18は、図19および図20におけるB-B位置の断面図である。図20は、図18および図19におけるC-C位置の断面図である。

##### 【0003】

図18～図20に示す絶縁ゲート型半導体装置では、半導体基板のA-Aレベル側主面に、 $n^+$ エミッタ領域904および $p^+$ エミッタ領域900が設けられている。そしてそれらの下部に接して、 $p$ ボディ領域903が設けられている。 $p$ ボディ領域903のさらに下方には $n$ ドリフト領域902が設けられ、さらにその下方には $p^+$ コレクタ領域901が設けられている。ここまでの半導体基板（本明細書では、出発ウェハおよびその表面上にエピタキシャル成長により形成し

た半導体単結晶の全体を半導体基板という)である。半導体基板内にはこれらのほか、個々の素子を区分するpフィールド領域911が、A-Aレベル側から形成されている。pフィールド領域911の底部は、nドリフト領域902内に達している。

#### 【0004】

また、半導体基板の一部がA-Aレベル側から掘り込まれ、そこにゲート電極906が設けられている。ゲート電極906は、ゲート絶縁膜905により、半導体基板内の各領域から絶縁されている。半導体基板の上方には、エミッタ電極909とゲート配線916とが設けられている。エミッタ電極909は、コンタクト開口908の範囲内でn+エミッタ領域904およびp+エミッタ領域900と導通する電極である。ゲート配線916は、図示した以外の箇所でゲート電極906と導通している。ゲート電極906およびゲート配線916は、層間絶縁膜907により他の部分から絶縁されている。半導体基板の下方には、コレクタ電極910が設けられている。

#### 【0005】

上記の構造で、エミッタ電極909とコレクタ電極910との間に電源電圧を印加しておくと、ゲート電極906へのゲート電圧のオンオフにより、エミッタ電極909とコレクタ電極910との間の電流をスイッチングできる。ここで、エミッタ領域(n+エミッタ領域904およびp+エミッタ領域900)とエミッタ電極909との間の接触領域であるコンタクト開口908は、図19中で長方形とされている。これは、ゲート電極906やゲート配線916との短絡を避けつつ、コンタクト開口908の面積をなるべく広く確保してラッチアップ耐性を高めるためである。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特公平6-101565号公報

##### 【特許文献2】

特開平10-229191号公報

#### 【0007】

**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、前記した従来の半導体装置には、スイッチオフ後に局所的な発熱があるという問題点があった。その原因は、コンタクト開口 908 の形状にある。すなわちスイッチオフ後には、図 21 に矢印 I で示すように、p フィールド領域 911 からの正孔電流がエミッタ電極 909 へ抜ける。図 22 に示すようにこの正孔電流は、長方形のコンタクト開口 908 の四隅の角部に集中する。素子と素子との間の領域にはコンタクト開口 908 がなく、p フィールド領域 911 内の正孔が最寄りのコンタクト開口 908 へ向かうからである。このために、特に大電流を遮断する用途の場合に、過度な発熱により素子破壊に至る場合がある。この現象は、特に、図 23 に示すように、素子配列の終端の角部において著しい。

**【0008】**

電流の集中を緩和する手段としては、単純にコンタクト開口 908 を大きくすることが考えられる。しかしながら、前述のようなゲート電極 906 等との絶縁の必要上、あまり大きくできない。また、無理にコンタクト開口 908 を大きくすると、オン時において正孔がエミッタ電極 909 へ抜けすぎてしまう。このためオン電圧が高くなってしまう。このことから、コンタクト開口 908 を大きくしにくいのである。

**【0009】**

本発明は、前記した従来の半導体装置が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、オン電圧を高くすることなく、スイッチオフ後におけるコンタクト開口の角部への電流集中を緩和して局部発熱を抑制し、大電流でも安定して動作できる半導体装置を提供することにある。

**【0010】****【課題を解決するための手段】**

この課題の解決を目的としてなされた本発明の半導体装置は、半導体基板内にその主面に面して設けられた能動素子と、半導体基板外に設けられるとともに能動素子に導通するコンタクト電極とを有している。ここにおいて、(1) 能動素子とコンタクト電極との導通箇所の縁辺のコーナー部分が曲線もしくは鈍角で構

成されていることを特徴とする。

#### 【0011】

この半導体装置では、能動素子がスイッチオフされると、能動素子内に残留しているキャリアがコンタクト電極へと脱出していく。その脱出電流の経路は能動素子とコンタクト電極との導通箇所に限られる。ここにおいて、導通箇所の縁辺のコーナー部分が曲線もしくは鈍角で構成されているので、導通箇所のコーナー部分への電流がある程度分散される。よって、角部の頂点に過度に電流が集中することがない。このため、発熱等の弊害が少ない。その一方で、オン電圧は特段に高くない。導通箇所の面積が大きくなっているわけではないからである。よって、オン時においてキャリアがコンタクト電極へ抜けすぎてしまうことがないのである。

#### 【0012】

あるいは本発明の半導体装置は、前述の（１）の特徴に代えて、（２）能動素子とコンタクト電極との導通箇所の形状が、中央部分より端部分において幅広な形状であることを特徴とするものでもよい。このようなものでも、導通箇所の端部分への電流集中が緩和される。端部分の面積がやや大きいからである。その一方で、導通箇所全体としての面積はさほど大きいわけではない。中央部分は幅広でないからである。したがってやはり、スイッチオフ後の局所的な発熱の防止と、オン時の低いオン電圧とが両立されている。

#### 【0013】

あるいは本発明の半導体装置は、前述の（１）もしくは（２）の特徴に代えて、（３）能動素子におけるコンタクト電極との導通箇所の不純物濃度が、中央部分より端部分において低いことを特徴とするものであってもよい。このようなものでも、導通箇所の端部分への電流集中が緩和される。不純物濃度の低い端部分は高抵抗なので、低抵抗な中央部分の方が電流が流れやすいからである。その一方で、導通箇所全体としての面積は大きくなってはいない。むしろ、端部分が高抵抗であることにより、導通箇所全体としての抵抗はやや増加している。したがってやはり、スイッチオフ後の局所的な発熱の防止と、オン時の低いオン電圧とが両立されている。



## 【0014】

一般的にこの種の半導体装置では、半導体基板内に複数の能動素子が離散的に配置されるとともに、各能動素子にそれぞれコンタクト電極が設けられている。そのような場合には、すべての能動素子の導通箇所において上記の(1)～(3)の特徴が実現されていなければならないわけではない。一部の能動素子の導通箇所のみに特徴が実現されているものでもよい。その場合、端に位置する能動素子の導通箇所に(1)～(3)の特徴を実現することが特に有益である。端に位置する能動素子の導通箇所には、半導体基板の周辺領域からも電流が集中してくるからである。このため、中ほどに位置する能動素子よりも、スイッチオフ後の電流集中に関して厳しい状況にあるのである。特に、他の能動素子と反対側のコーナー部分もしくは端部分において顕著である。周辺領域と至近の距離にあるからである。

## 【0015】

本発明は、能動素子から絶縁された絶縁ゲートと、能動素子間のフィールド半導体領域とを有し、絶縁ゲートへの印加電圧により能動素子のスイッチングを行う絶縁ゲート型電界効果半導体装置に適用すると特に有意義である。このような半導体装置では一般的に、フィールド半導体領域はコンタクト電極と直接には接していない。フィールド半導体領域の直上の位置は通常、絶縁ゲートへの配線が配置されるので、それとの絶縁を図る必要があるからである。そのため、スイッチオフ後には、フィールド半導体領域内に残ったキャリアは、直接にコンタクト電極へ脱出することができない。よって、最寄りの能動素子を経由してその導通箇所からコンタクト電極へ脱出することとなる。このために、導通箇所の縁辺、特にコーナー部分に電流が集中しやすいのである。ここに前述の(1)～(3)の特徴を適用することにより、電流の集中による弊害を緩和することができるのである。なお、一般的にフィールド半導体領域は低不純物濃度であるから、(3)を採用する場合には、導通箇所の端部分において、フィールド半導体領域とコンタクト電極とを直接に接触させればよい。

## 【0016】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化した実施の形態について、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。以下の各形態は、大電流のスイッチングに用いられる絶縁ゲート型電界効果半導体装置に本発明を適用したものである。

#### 【0017】

##### [第1の形態]

第1の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を、図1～図4により説明する。図1、図3、および図4が縦断面図であり、それらにおけるA-Aレベルの平面断面図が図2である。図1は、図2～図4におけるB-B位置の断面図である。図3は、図1および図2におけるD-D位置の断面図である。図4は、図1および図2におけるC-C位置の断面図である。

#### 【0018】

図1～図4に示す絶縁ゲート型半導体装置では、半導体基板のA-Aレベル側主面に、高不純物濃度のn<sup>+</sup>エミッタ領域104およびp<sup>+</sup>エミッタ領域100が設けられている。そしてそれらの下部に接して、pボディ領域103が設けられている。pボディ領域103のさらに下方にはnドリフト領域102が設けられ、さらにその下方にはp<sup>+</sup>コレクタ領域101が設けられている。ここまですが半導体基板である。半導体基板内にはこれらのほか、個々の素子を区分するpフィールド領域111が、A-Aレベル側から形成されている。pフィールド領域111の底部は、nドリフト領域102内に達している。pフィールド領域111の不純物濃度は、p<sup>+</sup>エミッタ領域100の不純物濃度より低い。

#### 【0019】

また、半導体基板の一部がA-Aレベル側から掘り込まれ、そこにトレンチ構造のゲート電極106が設けられている。ゲート電極106は、ゲート絶縁膜105により、半導体基板内の各領域から絶縁されている。ゲート電極106の平面内の形状は、図2中左右方向に長尺状であり、平行かつ等間隔に多数のゲート電極106が形成されている。ゲート電極106の底部は、pボディ領域103の底部より深く、pフィールド領域111の底部よりは浅い。これより、この半導体装置の概略構造は、次のようであるといえる。すなわち、ゲート電極106のトレンチ構造により半導体基板のA-Aレベル側の面が畝状に区切られており

, さらに各畝が p フィールド領域 111 により多数のセルに区切られているのである。そして各セルが, エミッタ (n+エミッタ領域 104 および p+エミッタ領域 100) およびボディ (p ボディ領域 103) を有する絶縁ゲート型トランジスタを構成しているのである。これにより, 半導体装置全体としては, 多数の絶縁ゲート型トランジスタが離散的に配置された状態となっている。

#### 【0020】

半導体基板の A-A レベル側主面の上方には, エミッタ電極 109 およびゲート配線 116 が設けられている。エミッタ電極 109 は, 各セルにてエミッタ (n+エミッタ領域 104 および p+エミッタ領域 100) と接触している。その接触部分がコンタクト開口 108 である。図 2 から明らかなように, コンタクト開口 108 の中では, n+エミッタ領域 104 と p+エミッタ領域 100 との両方がエミッタ電極 109 と接触している。具体的には, コンタクト開口 108 の中の図 2 中左右方向の両端の部分は, p+エミッタ領域 100 で占められている。n+エミッタ領域 104 は, 左右方向の中央部に存在している。なお, コンタクト開口 108 とコンタクト開口 108 との間の箇所, すなわちゲート配線 116 の下方の箇所 (図 1 参照) では, p フィールド領域 111 が半導体基板の A-A レベルに達している部分がある。

#### 【0021】

ゲート配線 116 は, 図示した以外の箇所でゲート電極 106 と接続されている。これにより, ゲート電極 106 への電圧の印加ができるようになっている。ゲート電極 106 およびゲート配線 116 は, 層間絶縁膜 107 により他の部分から絶縁されている。半導体基板の p+ コレクタ領域 101 側の面には, コレクタ電極 110 が設けられている。エミッタ電極 109 とコレクタ電極 110 との間に電源電圧が印加されるようになっている。上記の構造により, ゲート電極 106 へのゲート電圧の印加如何によって, エミッタ電極 109 とコレクタ電極 110 との間の電流をオンオフ制御できるようになっているのである。

#### 【0022】

ここにおいて本形態の絶縁ゲート型トランジスタでは, 図 2 に示すように, コンタクト開口 108 の平面内形状に特徴を有している。すなわち, 従来のもので

は長方形であったところ（図19参照）、本形態では四隅の角部を曲線で構成している。これにより、直角状の頂点を排除している。

### 【0023】

本形態の絶縁ゲート型トランジスタは、次のように動作する。すなわち本形態の絶縁ゲート型トランジスタは、上記のようにエミッタ電極109とコレクタ電極110との間に電源電圧を印加した状態で使用される。しかしこれだけではエミッタ電極109とコレクタ電極110との間に電流は流れない。pボディ領域103とnドリフト領域102との間のpn接合が逆バイアスとなるからである。すなわちオフ状態である。ここで、ゲート電極106にゲート電圧を印加すると、pボディ領域103のうちゲート電極106との対向面に電界効果によりnチャネルが形成される。これにより、(n<sup>+</sup>エミッタ領域104) → (pボディ領域103に形成されたnチャネル) → (nドリフト領域102)、と電子電導経路がつながり、エミッタ電極109とコレクタ電極110との間に電流が流れることとなる。これがオン状態である。ゲート電圧を切ると再びオフ状態となる。

### 【0024】

ところでオン状態では、nドリフト領域102等からpフィールド領域111に正孔が流れ込む。このためpフィールド領域111は、相当に正孔濃度が高い状態となっている。スイッチオフされると、pフィールド領域111内に蓄積されている正孔は、エミッタ電極109へ抜けようとする。しかしながら、pフィールド領域111はエミッタ電極109と直接には接触していない。このためpフィールド領域111からの正孔電流は、p<sup>+</sup>エミッタ領域100を經由してコンタクト開口108からエミッタ電極109へ抜けることとなる。

### 【0025】

ここにおいて本形態の絶縁ゲート型トランジスタでは、コンタクト開口108の平面内形状により、次のような利点がある。すなわち、コンタクト開口108の角部への正孔電流の集中による弊害が少ないのである。その理由は、角部が曲線で構成されていることにある。つまり、角部に直角状の頂点がないため、図5に示すように、pフィールド領域111からの正孔電流が、角部の曲線部分全体

に分散することとなる。そのため、電流密度が最も高い場所においてすら、従来の絶縁ゲート型トランジスタの場合の角部の頂点（図 22 参照）と比較して、電流密度が低いのである。このため、スイッチオフ後に過度に発熱したりするようなことがない。

#### 【0026】

また、コンタクト開口 108 の面積は、図 19 中の長方形のコンタクト開口 908 と比較して、大きくなっていない。むしろ少し小さくなっている。このため、オン時において正孔がエミッタ電極 109 へ抜けすぎてしまうことがない。したがって、オン時における素子内のキャリア濃度が高く維持される。このためオン電圧が低い。

#### 【0027】

なお、本形態の絶縁ゲート型トランジスタでは、コンタクト開口 108 の形状を、図 6 に示すように、四隅の角部を鈍角と直線で構成したものとしてもよい。このような形状でも、図 19 のような長方形のコンタクト開口 908 と比較して、角部の頂点への電流の集中が緩和される。コンタクト開口 108 の形状はあるいは、長方形の四隅を単に丸めただけであってもよい。さらに、コンタクト開口 108 のすべての角部にこのような対策を施す必要は必ずしもない。例えば図 7 に示すように、素子配列の終端の角部のみに対策を施したものであってもある程度の効果が期待できる。従来技術の図 23 で説明したように、素子配列の終端の角部において電流が集中しやすいからである。

#### 【0028】

続いて、本形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造プロセスを、図 8～図 12 により説明する。本形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造にあつては、p<sup>+</sup>シリコンウェハを出発基板とする。このウェハの p<sup>+</sup>シリコンは、p<sup>+</sup>コレクタ領域 101 となる。そしてその表面上にエピタキシャル成長により、n 型シリコン層を形成する。この n 型シリコン層は、n ドリフト領域 102 となる。この、シリコンウェハ上にエピタキシャル成長により半導体層を形成した単結晶シリコンの全体のことを、本出願では「半導体基板」と呼んでいるのである。あるいは、n 型シリコンウェハを出発基板とすることもできる。その場合にはウェハの n 型シ

リコンがnドリフト領域102となる。そして、その裏面側の表面からp型不純物を導入するか、裏面側の表面上にp型シリコン層を堆積することにより、p<sup>+</sup>コレクタ領域101を形成すればよい。

#### 【0029】

次に、n型シリコン層の表面に、厚さ500nmの熱酸化膜を形成する。そして、この熱酸化膜をフォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンニングする。これによりその熱酸化膜は、pフィールド領域111が形成されるべき箇所のみ除去される。そして、イオン注入によりボロンを60keVの加速電圧で注入する。このイオン注入は、pフィールド領域111を形成するための処理である。ドーズ量は、その範囲内のn型シリコン層（nドリフト領域102）をp型に反転させる程度とする。その後、熱拡散を行うことにより、pフィールド領域111が形成される。pフィールド領域111の底部の深さは、7 $\mu$ m程度とする。そして、周辺領域を除いた素子領域のみ、酸化膜をフッ酸でウェットエッチングして除去する。その後再度熱参加して表面に厚さ50nmの酸化膜107b（図8参照）を形成する。この状態で、再びイオン注入によりボロンを60keVの加速電圧で注入する。このイオン注入は、pボディ領域103を形成するための処理である。ドーズ量は、その範囲内のn型シリコン層（nドリフト領域102）をp型に反転させる程度とする。その後、熱拡散を行うことにより、pボディ領域103が形成される。pボディ領域103の底部の深さは、5 $\mu$ m程度とする。この状態でのB-B断面図が図8である。

#### 【0030】

そして、酸化膜107b上にCVD法によりさらに酸化膜107cを堆積する（図9、図10参照）。厚さは400nmとする。そして酸化膜107bおよび107cを、パターンエッチングする。ここで形成するパターンは、ゲート電極106が形成されるべき部分を開口とするパターンである。この状態で、シリコンをドライエッチングしてトレンチ開口117を形成する。この状態でのB-B断面図が図9であり、C-C断面図が図10である。

#### 【0031】

そして、周辺領域を除いた素子領域のみ、酸化膜107b、107cをフッ酸

でウェットエッチングして除去する。その後、半導体の表面を熱酸化してゲート絶縁膜 105 (厚さ 100 nm) を形成する。そして、CVD 法により多結晶シリコンを成膜し、リンを拡散してこれを  $n^+$  型とする。形成された  $n^+$  型多結晶シリコンのうち、トレンチ開口 117 を充填している部分がゲート電極 106 となる。そして、半導体基板の表面上の  $n^+$  型多結晶シリコンをパターンエッチングする。すなわち、ゲート電極 106 とゲート配線 116 との接続に必要な部分を残して表面上の  $n^+$  型多結晶シリコンを除去する。この状態での C-C 断面図が図 11 である。

### 【0032】

さらに、 $p^+$  エミッタ領域 100 および  $n^+$  エミッタ領域 104 を順次形成する。これらの形成はそれぞれ、イオン注入および拡散により行われる。むろん、これらのイオン注入は、適切なパターンマスクを介して行う。そして、パターンマスクをすべて除去してから、CVD 法により層間絶縁膜 107 (厚さ 700 nm) を形成する。そして、層間絶縁膜 107 上にパターンマスクを形成し、ドライエッチングにより層間絶縁膜 107 を加工して、コンタクト開口 108 を開ける。この状態での B-B 断面図が図 12 である。すなわち、コンタクト開口 108 の面内形状は、層間絶縁膜 107 の加工時のパターンマスクによって決まるのである。この後、スパッタリング法を用いて半導体基板上にアルミ等の金属膜を成膜する。そしてそれをパターンエッチングしてエミッタ電極 109 ゲート配線 116 および配線を形成する。さらに、裏面側にスパッタリング法を用いてコレクタ電極 110 を形成する。かくして、図 1 ~ 図 4 に示した半導体装置ができあがる。

### 【0033】

#### [第 2 の形態]

第 2 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を、図 13、図 14 を用いて説明する。図 13 が縦断面図であり、そこにおける A-A レベルの平面断面図が図 14 である。図 13 は、図 14 における C-C 位置の断面図である。図 13 および図 14 における B-B 位置の断面図は、第 1 の形態における図 1 中の各部の番号を「1\*\*」から「2\*\*」に変更したものと同じである。図 14

におけるD-D位置の断面図は、第1の形態における図3中の各部の番号を同様に変更したものと同一である。以下、本形態の説明において図1、図3に言及するときは、このように番号を読み替えるものとする。

#### 【0034】

本形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置における、第1の形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置との相違点は、コンタクト開口208の面内形状のみである。他のすべての部分は第1の形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置と共通である。よって、共通点については第1の形態の説明を引用し、相違点について説明することとする。

#### 【0035】

本形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置におけるコンタクト開口208は、図14に示されるように、長方形を基本としつつ、中央部分(D-D位置)よりも両端の部分(C-C位置)において幅(図14中上下方向)を広げた形状である。このような形状であることによっても、第1の形態の場合と同様に、スイッチオフ後における正孔電流の集中による弊害が少ないという利点がある。なぜなら、スイッチオフ後におけるpフィールド領域211からエミッタ電極209への正孔電流は、コンタクト開口208の中でも両端の部分を通るからである。本形態ではその部分が広げられているので、局所的な電流密度のピーク値が、従来技術のものの場合より低いのである。

#### 【0036】

また、コンタクト開口208の面積は、従来技術の長方形のコンタクト開口908(図19)と比較して、わずかに大きくなっていない。幅が広げられているのが両端の部分だけだからである。このため、オン時において正孔がエミッタ電極109へ抜けすぎてしまうことがない。このためオン電圧が低い。

#### 【0037】

なお、本形態の絶縁ゲート型トランジスタでは、コンタクト開口208の形状を、図15に示すように、四隅の角部を曲線で構成したものとしてもよい。これは、本形態の特徴と第1の形態の特徴とを併わせ有するものといえる。したがってより良好に、電流の集中が緩和される。むろん、第1の形態で述べたのと同様



に、四隅の角部を鈍角と直線で構成したものとしてもよいし、四隅を単に丸めただけであってもよい。さらに、素子配列の終端の端部にのみこのような対策を施したものであってもある程度の効果が期待できる。

#### 【0038】

本形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造プロセスは、ドライエッチングにより層間絶縁膜207を加工するときのマスクパターン（これによりコンタクト開口208の形状が定まる）のみ、第1の形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造プロセスと異なる。これ以外は共通である。

#### 【0039】

##### [第3の形態]

第3の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を、図16、図17を用いて説明する。図16が平面断面図であり、そこにおけるC-C位置の縦断面図が図17である。図16は、図17におけるA-Aレベルの断面図である。図16および図17におけるB-B位置の断面図は、第1の形態における図1中の各部の番号を「1\*\*」から「3\*\*」に変更したものと同一である。図16におけるD-D位置の断面図は、第1の形態における図3中の各部の番号を同様に変更したものと同一である。以下、本形態の説明において図1、図3に言及するときは、このように番号を読み替えるものとする。

#### 【0040】

本形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置における、第1の形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置との相違点は、コンタクト開口308の四隅の部分における半導体領域の不純物濃度にある。なおコンタクト開口308の形状自体は、従来のものと同じく長方形としている。他の部分は第1の形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置と共通である。よって、共通点については第1の形態の説明を引用し、相違点について説明することとする。

#### 【0041】

本形態の絶縁ゲート型電界効果半導体装置では、 $p^+$  エミッタ領域300の平面形状が第1および第2の形態の場合と異なっている。具体的には、本形態の $p^+$  エミッタ領域300は、コンタクト開口308の四隅の部分には形成されて

いない。それらの部分では、 $p^+$  エミッタ領域 300 より低不純物濃度の  $p$  フィールド領域 311 がエミッタ電極 309 に接している。このことによっても、第 1 および第 2 の形態の場合と同様に、スイッチオフ後における正孔電流の集中による弊害が少ないという利点がある。なぜなら、 $p$  フィールド領域 311 は  $p^+$  エミッタ領域 300 と比較して不純物濃度が低いため高抵抗である。このため、スイッチオフ後における  $p$  フィールド領域 211 からエミッタ電極 209 への正孔電流の一部は、高抵抗な  $p$  フィールド領域 311 から直接にエミッタ電極 309 へ脱出するよりも、一旦低抵抗な  $p^+$  エミッタ領域 300 へ出てそこからエミッタ電極 309 へ脱出しようとする。このため、コンタクト開口 308 の四隅の頂点における局所的な電流密度のピーク値が、従来技術のものの場合より低いのである。

#### 【0042】

また、コンタクト開口 308 の面積は、従来技術の長方形のコンタクト開口 908 (図 19) と変わらない。むしろ、その一部が高抵抗な  $p$  フィールド領域 311 で占められていることにより、全抵抗はやや大きい。このため、オン時ににおいて正孔がエミッタ電極 309 へ抜けすぎてしまうことがない。このためオン電圧が低い。

#### 【0043】

なお、本形態の絶縁ゲート型トランジスタでは、コンタクト開口 308 の形状を、第 1 の形態で示したように四隅の角部を曲線で構成したものとしてもよい。これは、本形態の特徴と第 1 の形態の特徴とを併わせ有するものといえる。したがってより良好に、電流の集中が緩和される。むしろ、第 1 の形態で述べたのと同様に、四隅の角部を鈍角と直線で構成したものとしてもよいし、四隅を単に丸めただけであってもよい。あるいは、コンタクト開口 308 の形状を、第 2 の形態で示したように両端部の幅を広げたものとしてもよい。これは、本形態の特徴と第 2 の形態の特徴とを併わせ有するものといえる。したがってより良好に、電流の集中が緩和される。むしろ、本形態の特徴と第 1 の形態の特徴と第 2 の形態の特徴とのすべてを兼ね備えるようにしてもよい。また、素子配列の終端の端部にのみこのような対策を施したものであってもある程度の効果が期待できる。

## 【0044】

本形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造プロセスは、ドライエッチングにより層間絶縁膜307を加工するときのマスクパターン（これによりコンタクト開口208の形状が定まる）、および、 $p^+$  エミッタ領域300の形成のためのイオン注入時のマスクパターンのみ、第1の形態の絶縁ゲート型トランジスタの製造プロセスと異なる。これ以外は共通である。

## 【0045】

以上詳細に説明したように本実施の形態では、 $p$  フィールド領域によって仕切られ、エミッタ、ボディ、コレクタを有し、ゲート電極への印加電圧によりエミッターコレクタ間の導通をコントロールする絶縁ゲート型トランジスタにおいて、次の（1）～（3）の少なくとも1つの特徴を備えている。（1）エミッタとエミッタ電極とが接触するコンタクト開口の形状を、四隅の角部を曲線で構成した形状としている。これにより、直角状の頂点を排除している。（2）または、コンタクト開口の形状を、長方形を基本としつつ中央部分よりも両端の部分において幅を広げた形状としている。（3）あるいは、コンタクト開口の四隅における半導体領域の不純物濃度を、四隅以外の部分における不純物濃度より下げている。

## 【0046】

これにより、オン時にオン電圧を上昇させることなく、スイッチオフ後におけるフィールド領域からエミッタ電極への正孔電流の局所的な集中を緩和させている。特に、素子配列の終端においてその意義が大きい。こうして、低いオン電圧と、スイッチオフ後における過度な発熱の防止との両立を実現している。

## 【0047】

なお、本実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、その要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能である。例えば、コンタクト開口108（以下、第1の形態における番号で表記するが他の形態でも同様）の中央部分における $n^+$  エミッタ領域104および $p^+$  エミッタ領域100の具体的配置は、図2等にしたとおりでなくてもよい。ゲート電極106に平行あるいは垂直なストライプ型、梯子型、ドット

型等のいずれでもよい。また、ゲート電極 106 の平面形状は、長尺状に限らず、多角形、円形、楕円形などでもよい。これに併せてコンタクト開口 108 をストライプ状でなくドット状としてもよい。また、ゲート電極 106 の構造についても、トレンチ型の他、プレーナ型、コンケープ型も考えられる。また、ゲート電極 106 の材質は、n 型半導体に限らず、p 型半導体あるいは金属であってもよい。

#### 【0048】

また、半導体基板の内部構造についても種々の変形が考えられる。例えば、n ドリフト領域 102 における不純物濃度は、均一である必要はない。さらには、n ドリフト領域 102 と p<sup>+</sup>コレクタ領域 101 との間に高濃度の n<sup>+</sup>バッファ領域を設けたパンチスルー型としてもよい。また、n ドリフト領域 102 もしくは n<sup>+</sup> バッファ領域を部分的にコレクタ電極 110 と短絡させたコレクタショート型としてもよい。また、半導体素子の種類は、絶縁ゲート型トランジスタでなくともよい。MOS コントロールサイリスタあるいはダイオードであってもよい。

#### 【0049】

また、各半導体領域の導電型（p 型と n 型）を入れ替えたものであってもよい。半導体自体、シリコン以外のもの（SiC, GaN, GaAs 等）であってもよい。また、絶縁膜（ゲート絶縁膜 105, 層間絶縁膜 107）は、酸化膜に限らず窒化膜や複合膜等であってもよい。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように本発明によれば、オン電圧を高くすることなく、スイッチオフ後におけるコンタクト開口の角部への電流集中を緩和した半導体装置が提供されている。これにより、スイッチオフ後における局部発熱を抑制し、大電流でも安定して動作できるようにしている。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 2 中 B-B）である。

**【図 2】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 中 A-A）である。

**【図 3】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 中 D-D）である。

**【図 4】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 中 C-C）である。

**【図 5】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置のスイッチオフ後における正孔電流の分布を概念的に示す図である。

**【図 6】**

第 1 の形態におけるコンタクト開口の平面形状のバリエーションを示す図である。

**【図 7】**

第 1 の形態において素子配列の終端の角部のみに対策を施したバリエーションを示す図である。

**【図 8】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の製造プロセスを示す断面図（その 1，B-B 断面）である。

**【図 9】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の製造プロセスを示す断面図（その 2，B-B 断面）である。

**【図 10】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の製造プロセスを示す断面図（その 3，C-C 断面）である。

**【図 11】**

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の製造プロセスを示す断面

図（その 4，C-C 断面）である。

【図 1 2】

第 1 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の製造プロセスを示す断面

図（その 5，B-B 断面）である。

【図 1 3】

第 2 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 4 中 C-C）である。

【図 1 4】

第 2 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 3 中 A-A）である。

【図 1 5】

第 2 の形態におけるコンタクト開口の平面形状のバリエーションを示す図である。

【図 1 6】

第 3 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 7 中 A-A）である。

【図 1 7】

第 3 の形態に係る絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す断面図（図 1 6 中 C-C）である。

【図 1 8】

従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す B-B 断面図である。

【図 1 9】

従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す A-A 断面図である。

【図 2 0】

従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置の構造を示す C-C 断面図である。

【図 2 1】

従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置のスイッチオフ後における正孔電流の分布を概念的に示す図（その 1，B-B 断面）である。

【図 2 2】

従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置のスイッチオフ後における正孔電流の分布を概念的に示す図（その 2，A-A 断面）である。

【図 23】

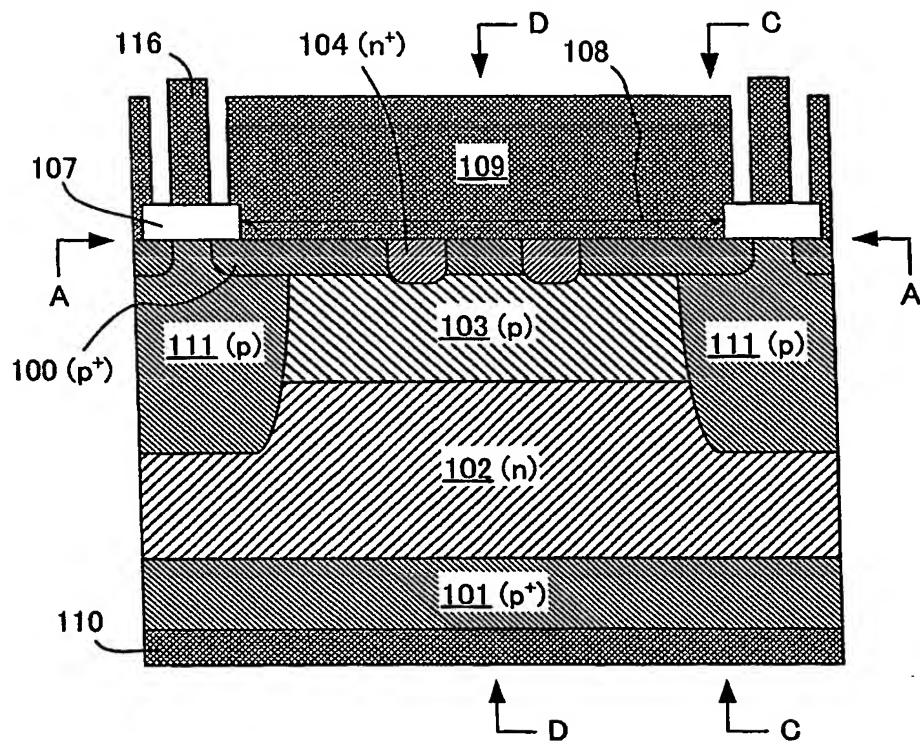
従来の絶縁ゲート型電界効果半導体装置のスイッチオフ後における正孔電流の分布を概念的に示す図（その 3，終端部における B-B 断面）である。

【符号の説明】

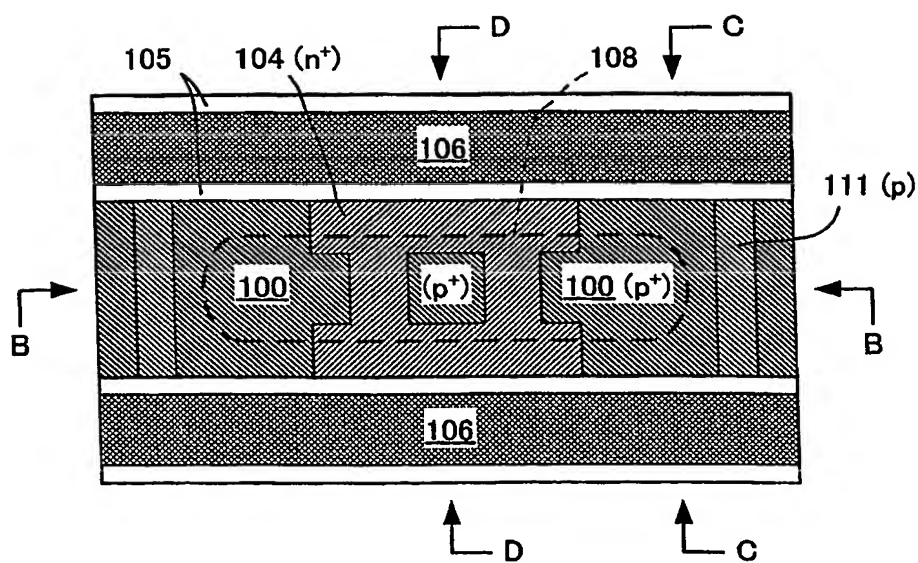
100, 200, 300	p <sup>+</sup> エミッタ領域（能動素子の一部）
101, 201, 301	p <sup>+</sup> コレクタ領域（能動素子の一部）
102, 202, 302	n ドリフト領域（能動素子の一部）
103, 203, 303	p ボディ領域（能動素子の一部）
104, 204, 304	n <sup>+</sup> エミッタ領域（能動素子の一部）
106, 206, 306	ゲート電極
108, 208, 308	コンタクト開口
109, 209, 309	エミッタ電極（コンタクト電極）
111, 211, 311	p フィールド領域

【書類名】 図面

【図 1】

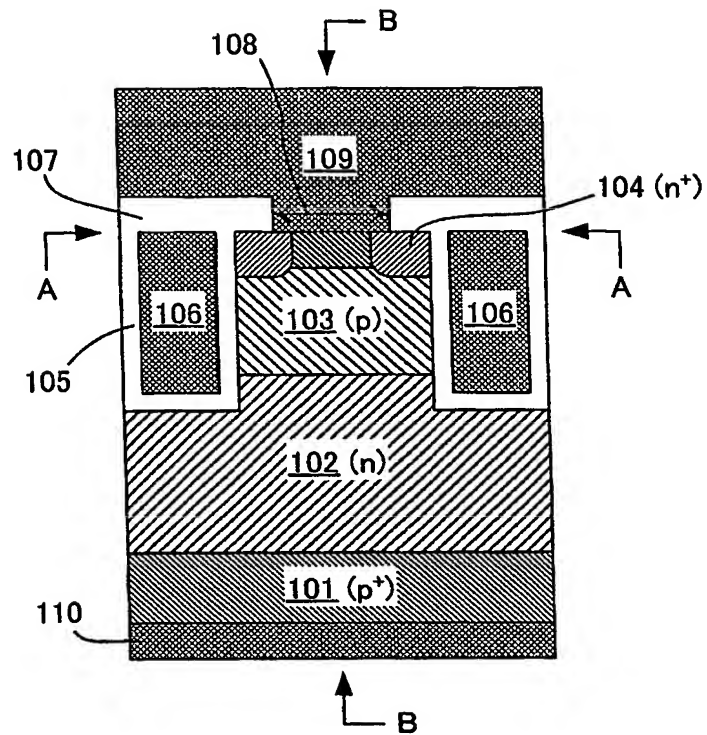


【図 2】

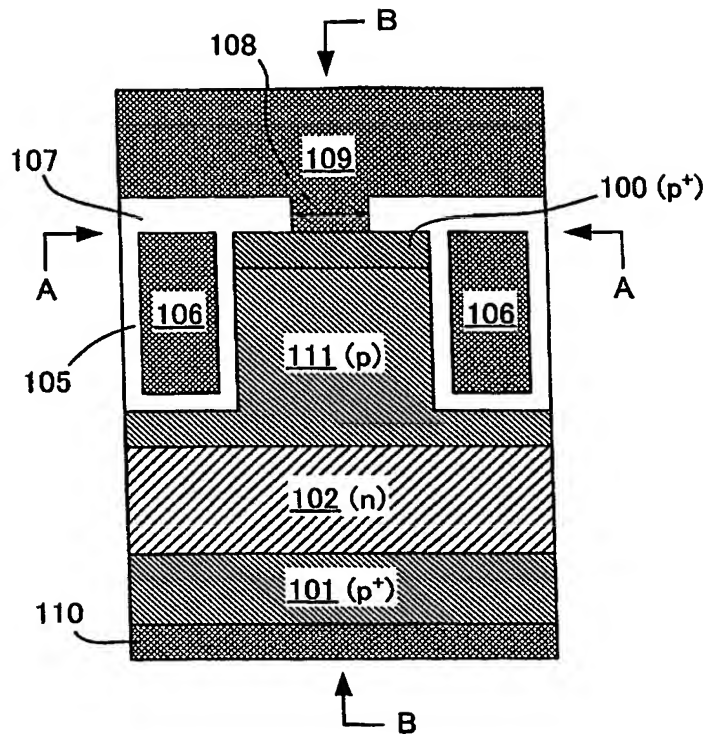




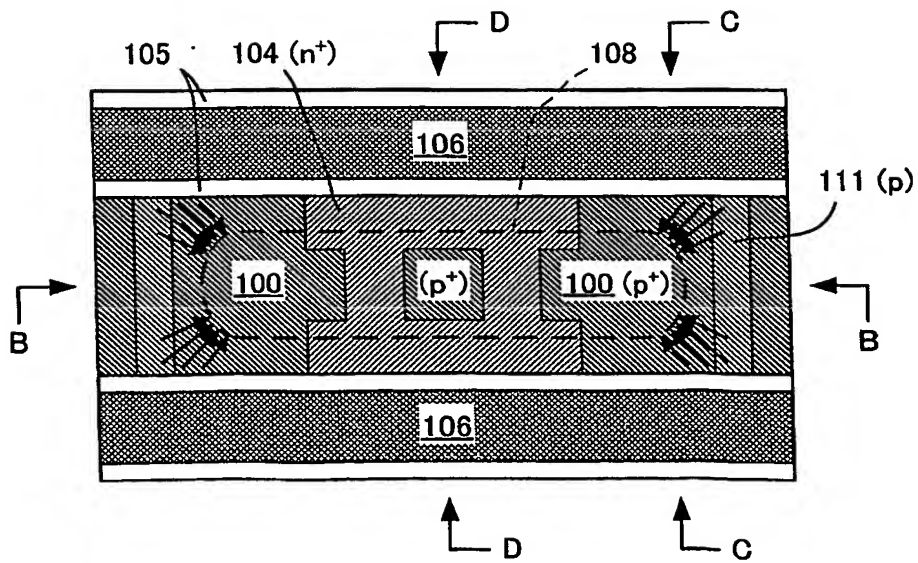
【図 3】



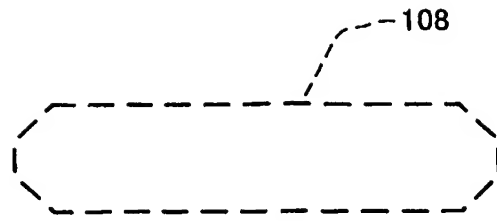
【図 4】



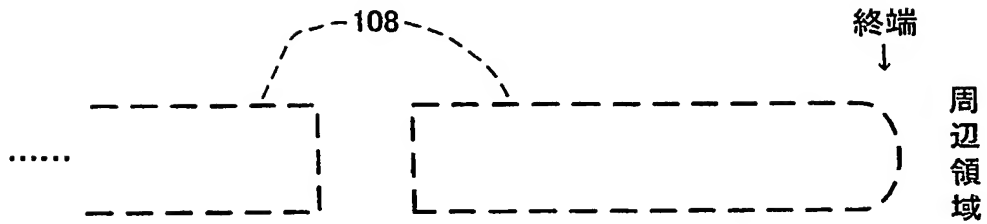
【図 5】



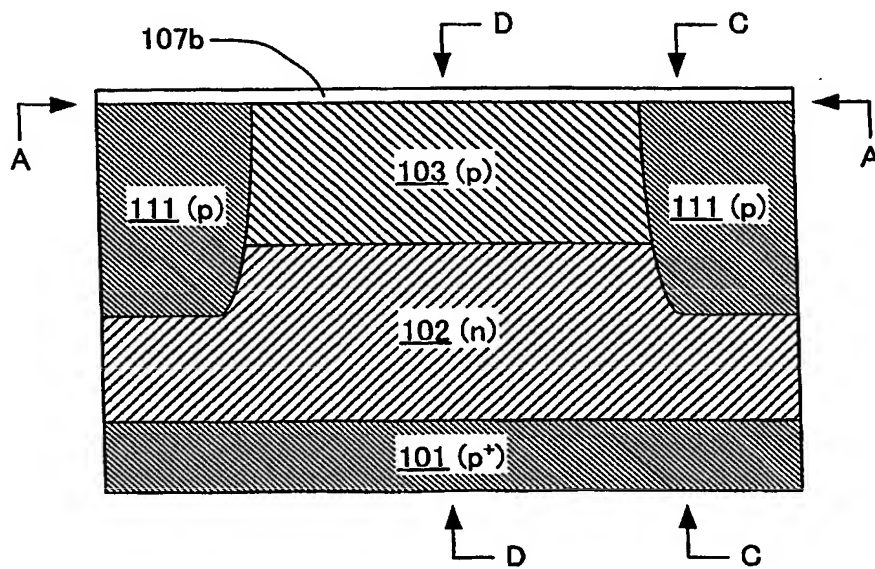
【図 6】



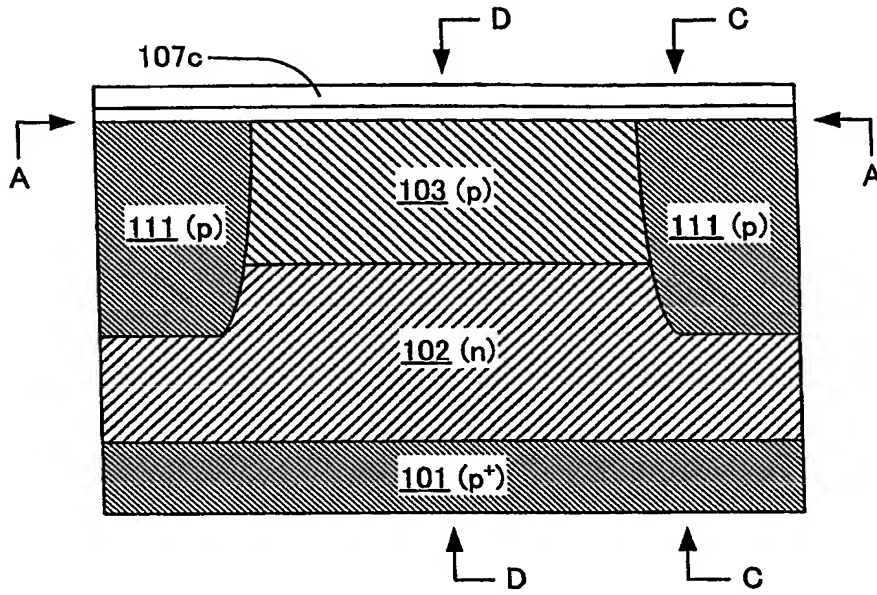
【図 7】



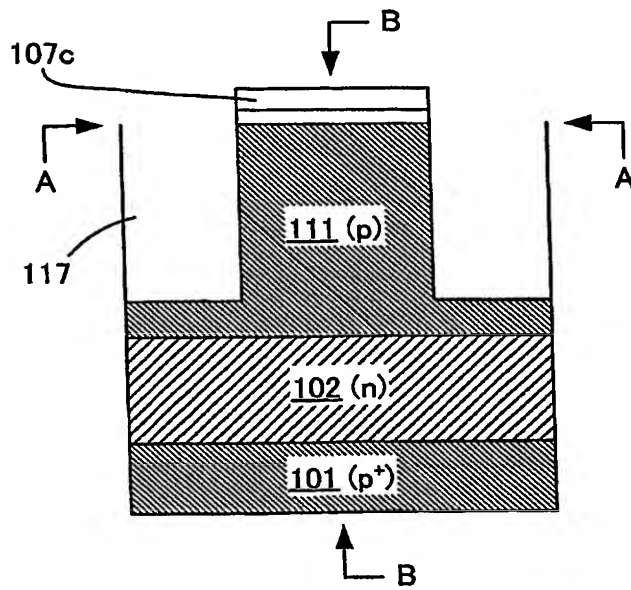
【図 8】



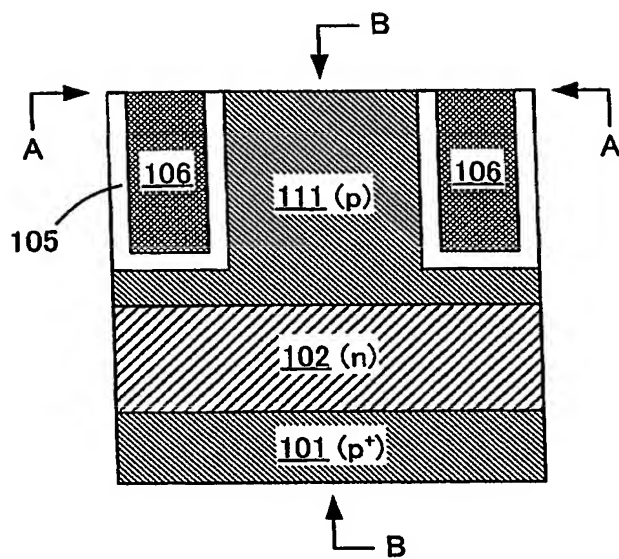
【図 9】



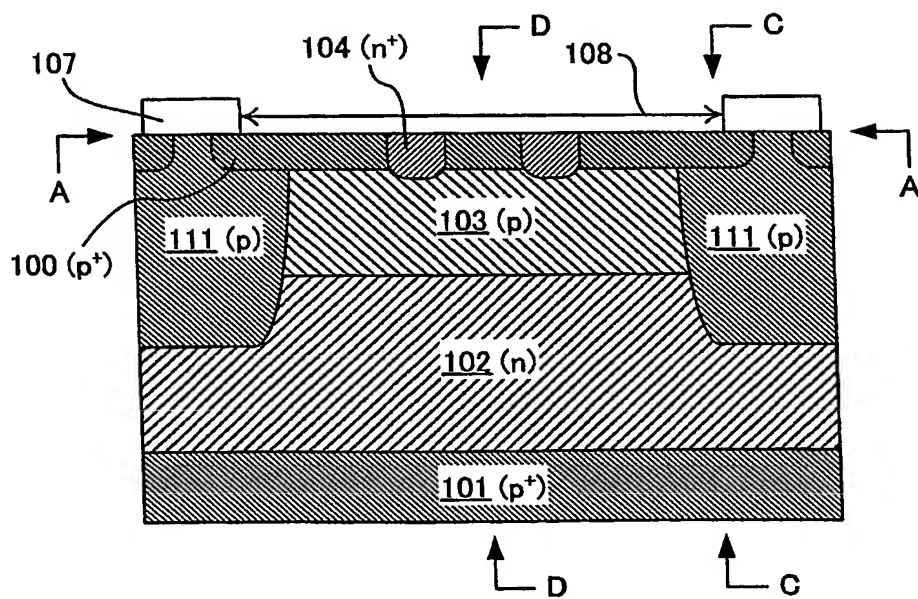
【図 10】



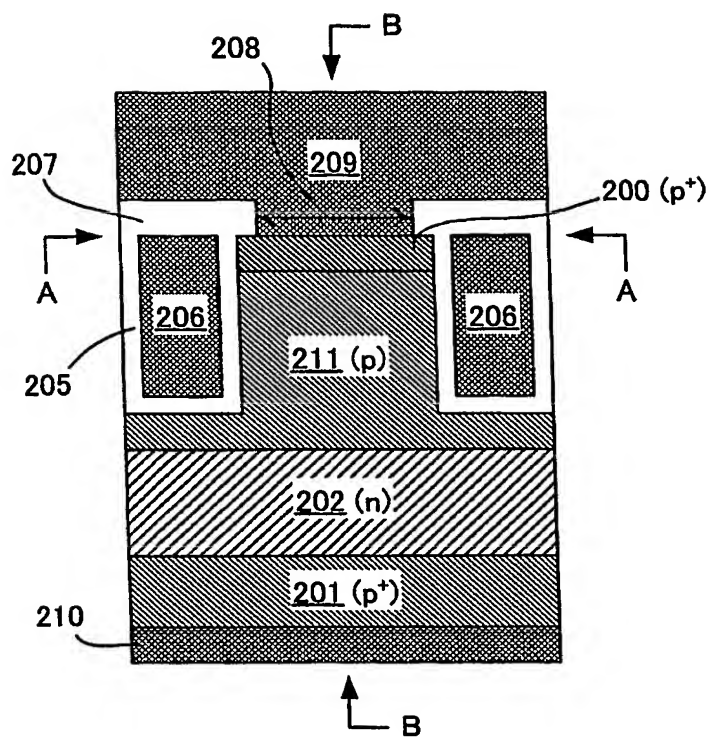
【図 11】



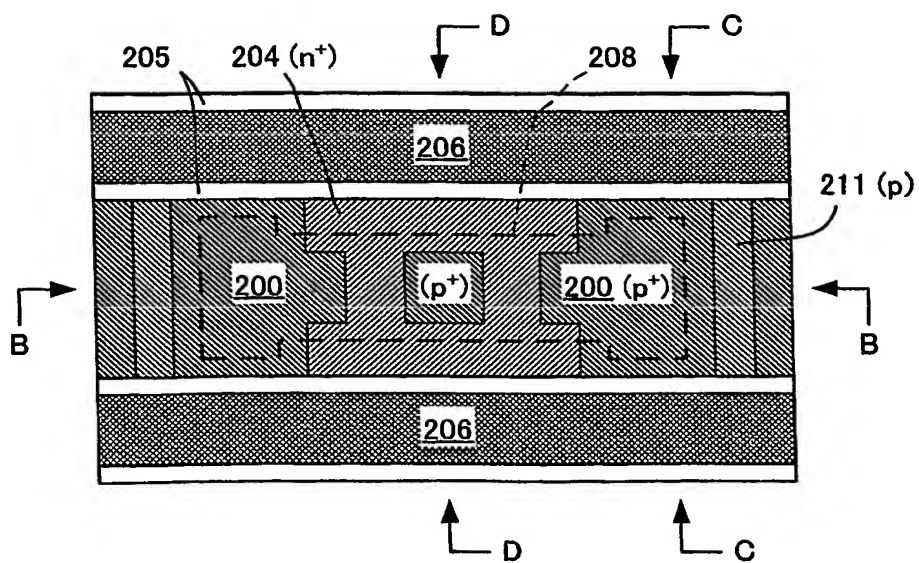
【図 12】



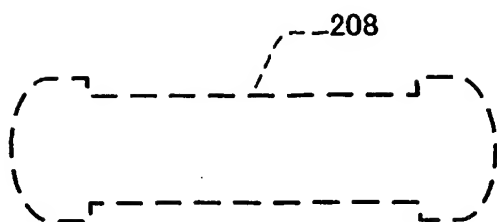
【図 13】



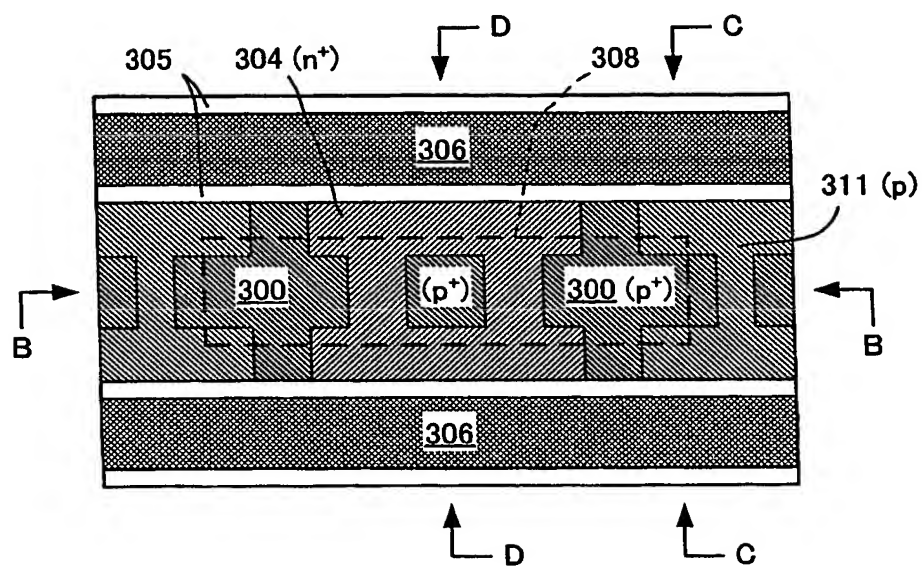
【図 14】



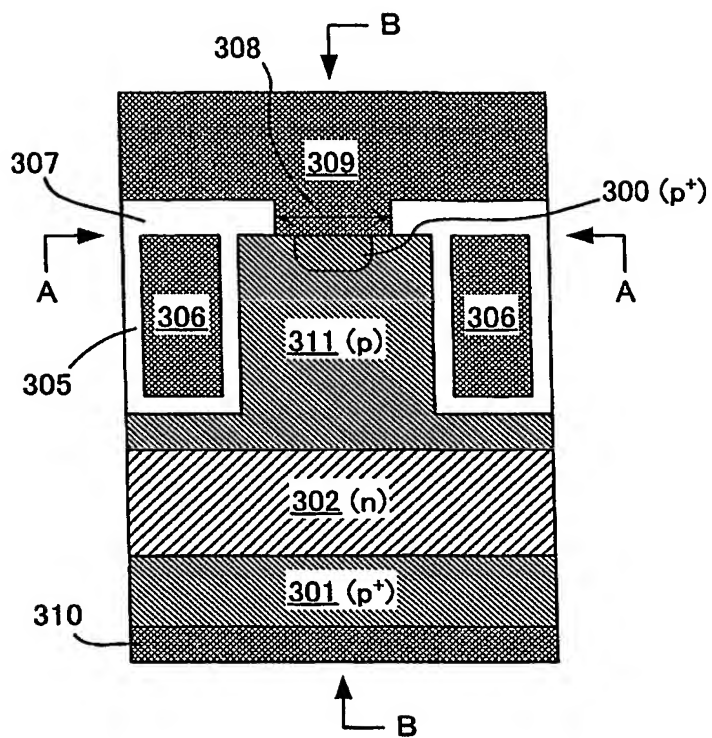
【図 15】



【図 16】

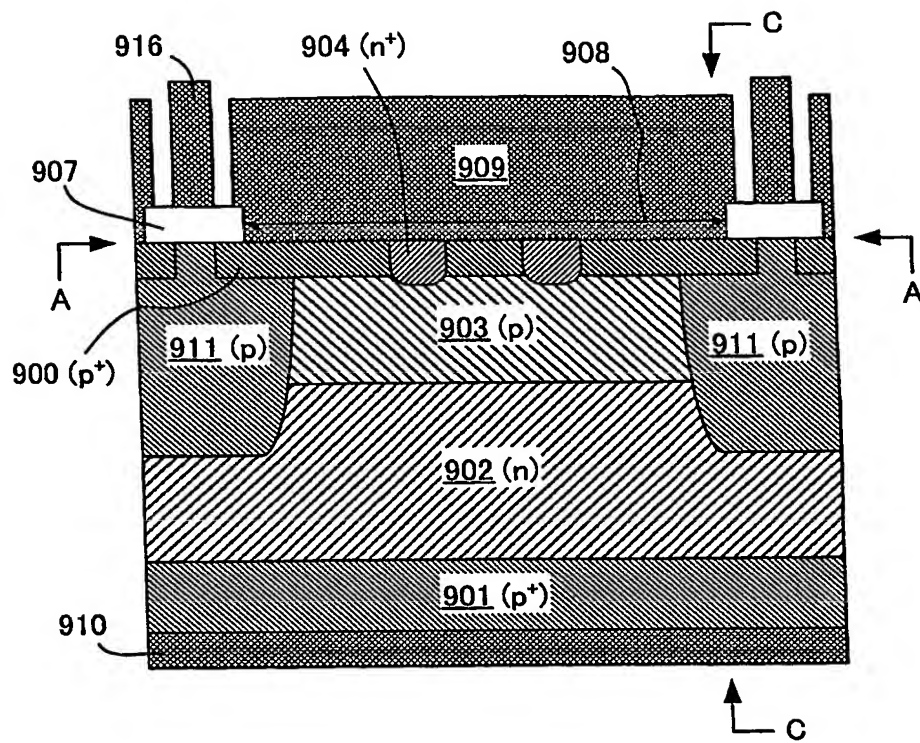


【図 17】

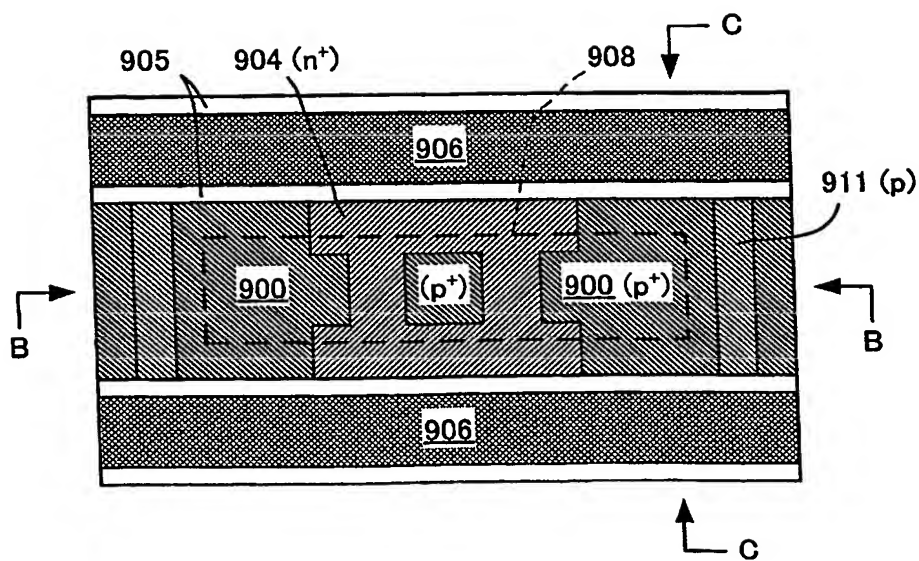




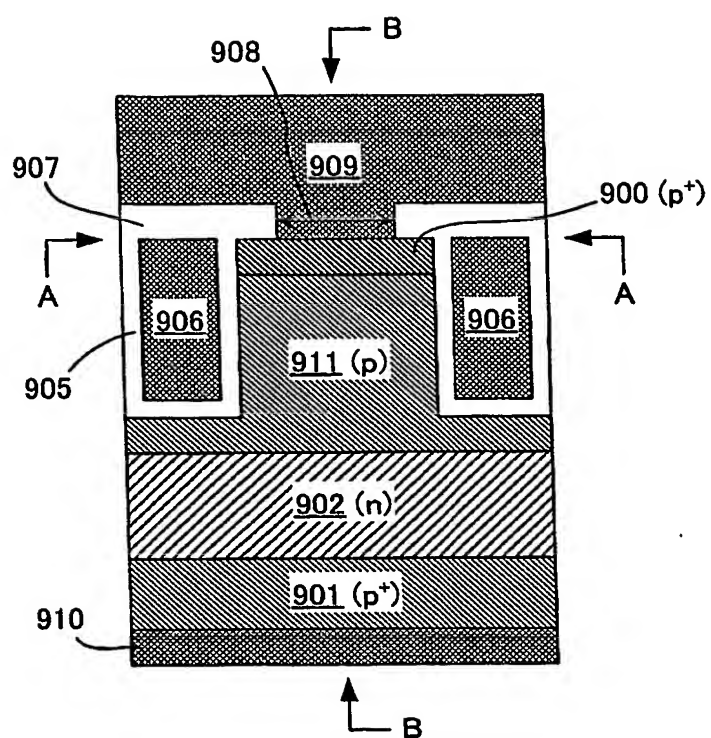
【図 18】



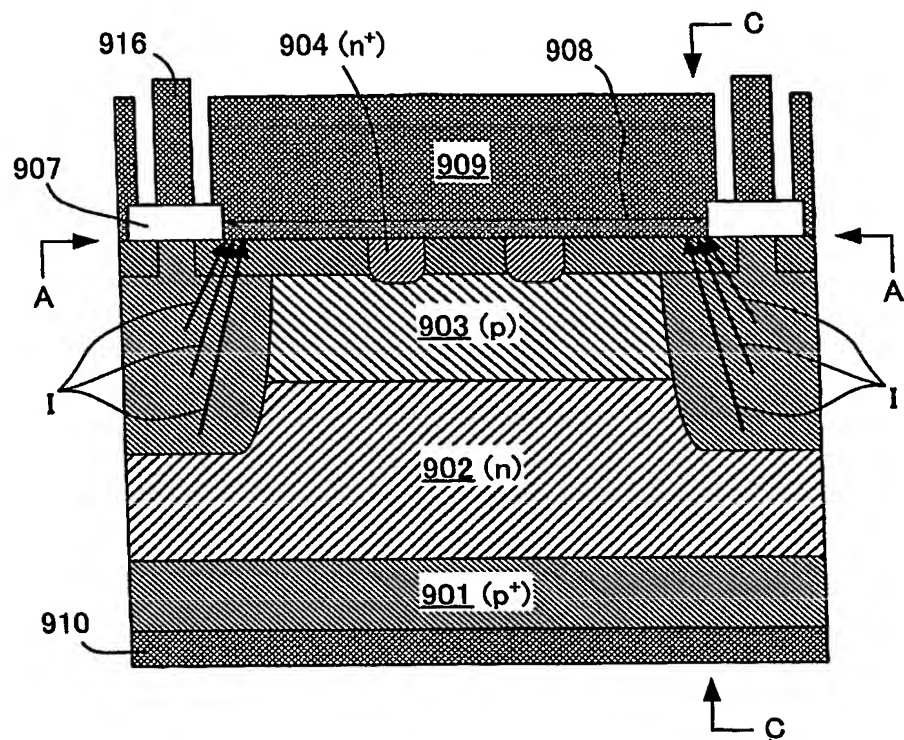
【図 19】



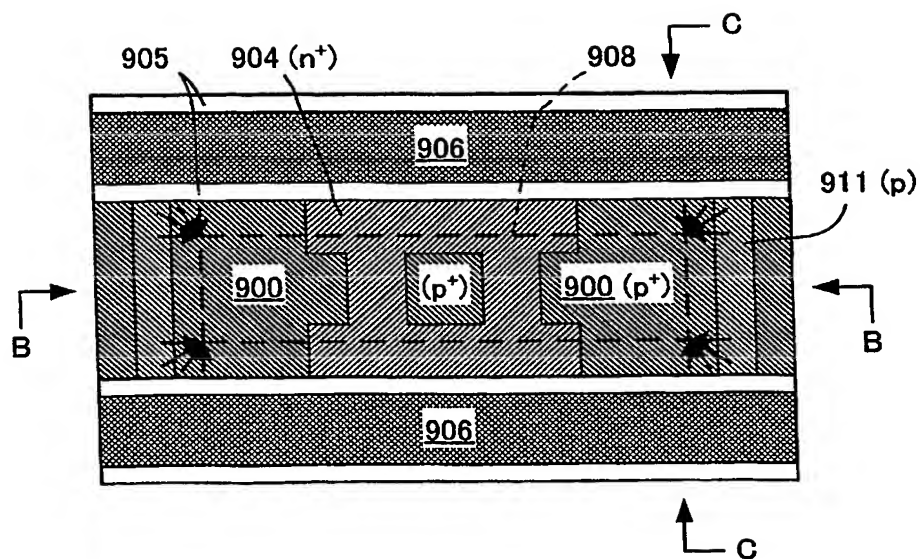
【図 20】



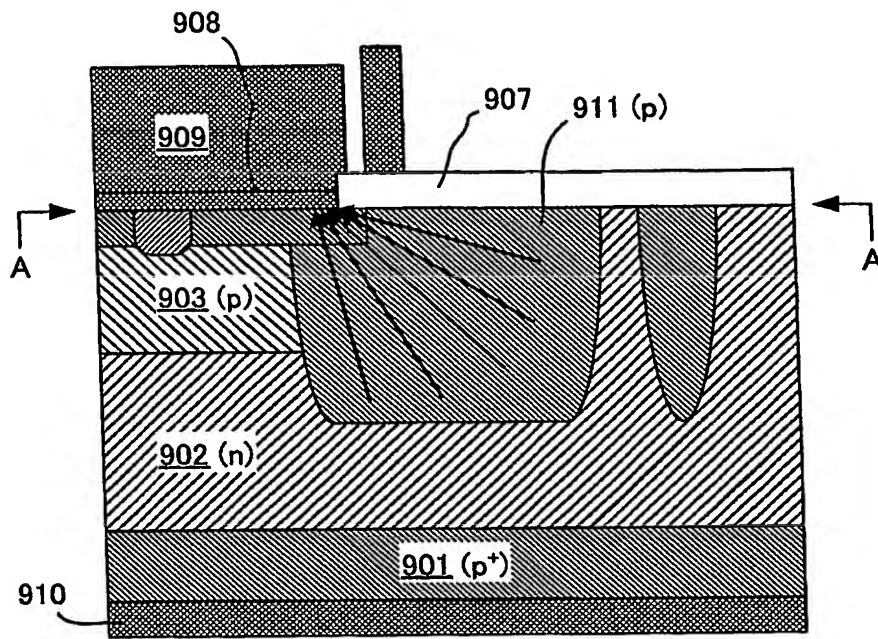
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 オン電圧を高くすることなく、スイッチオフ後におけるコンタクト開口の角部への電流集中を緩和して局部発熱を抑制し、大電流でも安定して動作できる半導体装置を提供すること。

【解決手段】 p フィールド領域 1 1 1 およびゲート電極 1 0 6 によって仕切られ、n<sup>+</sup>エミッタ領域 1 0 4 および p<sup>+</sup>エミッタ領域 1 0 0 を有し、ゲート電極 1 0 6 への印加電圧によりエミッターコレクタ間の導通をコントロールする絶縁ゲート型トランジスタにおいて、エミッタ（n<sup>+</sup>エミッタ領域 1 0 4 および p<sup>+</sup>エミッタ領域 1 0 0）とエミッタ電極とが接触するコンタクト開口 1 0 8 の形状を、四隅の角部を曲線で構成した形状とした。これにより、直角状の頂点を排除し、スイッチオフ後におけるフィールド領域からエミッタ電極への正孔電流が 1 点に集中しないようにした。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 9 5 4 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社